UDC: 519.711; 004.896 DOI: https://doi.org/10.15407/jai2022.01.275

ABOUT THE ORGANIZATION OF REGIONAL SITUATIONAL CENTERS OF THE INTELLECTUAL SYSTEM "CONTROL_TEA" WITH THE USE OF UAVS

J. Pisarenko[1], K. Melkumian[2], I. Varava[3], O. Koval[4], N. Chumakova[5]
[1,3,4,5] V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine, Ukraine
Academician Glushkov Avenue, 40, Kyiv, 03187
pisarenkojv@gmail.com; ivan.varava@ukr.net; t70000s@gmail.com
[2,3,4]National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine
Victory Avenue, 37, (Building, 5, Building, 18), Kyiv, 03056

[1] http://orcid.org/ 0000-0001-8357-8614
[2] http://orcid.org/ 0000-0002-0666-5009
[3] http://orcid.org/ 0000-0001-9874-016X
[4] http://orcid.org/ 0000-0002-9265-2748
[5] http://orcid.org/ 0000-0002-3965-4138

Abstract. The basics of the principles of creation and filling of the technopark of unmanned aerial vehicles (UAV) are offered. The business process of UAV registration in the technopark of the situation center robots is described. The use of attributes (tags) to the UAV will increase the efficiency of a suitable device selection with a complete set that meets the task. It is proposed to organize regional situational centers, which will coordinate the work of state systems, urban life support systems, private services on the one hand and UAV on the other as executors. An example of automatic UAV selection for operative solution of the set task is given. The system should be based on the classification of the UAV during registration and on the basis of the UAV compliance function to the specific task, key features of the UAV, the time required to complete the task, the distance to the task and the policy to involve the UAV in such tasks to select those devices, who can quickly perform tasks. The function of classification of a specific UAV by tasks is offered. The function takes into account the configuration of the UAV. For each task, experts and automation select weights that indicate how large the impact of certain typical modules to perform a particular task, and for each UAV in the database stores information about whether the UAV takes into account a certain characteristic, or there is a corresponding module. To update the approach to vocational training today, the task of creating interactive mock-up training systems in real physical space is one of the main ones. The composition of the basic laboratory stand, its complete set and control system of the mobile modular robot which promotes mastering of basic functions of the UAV or mobile work of unearthly base are described.

Keywords: UAV, situational center, traffic control, professional education.

ПРО ОРГАНІЗАЦІЮ РЕГІОНАЛЬНИХ СИТУАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ «УПРАВЛІННЯ_ТЕП» З ВИКОРИСТАННЯМ БПЛА

Ю.В. Писаренко[1], Є.Ю. Мелкумян[2], І.А. Варава[3], О.С. Коваль[4], Н.Ф. Чумакова[5]
[1,3,4,5]Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України, Україна
проспект Академіка Глушкова, 40, м. Київ, 03187
pisarenkojv@gmail.com; ivan.varava@ukr.net; t70000s@gmail.com
[2,3,4]Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна,
проспект Перемоги, 37 (корпус 5, корпус 18), м. Київ, 03056

[1] http://orcid.org/ 0000-0001-8357-8614
[2] http://orcid.org/ 0000-0002-0666-5009
[3] http://orcid.org/ 0000-0001-9874-016X
[4] http://orcid.org/ 0000-0002-9265-2748
[5] http://orcid.org/ 0000-0002-3965-4138

Анотація. Запропоновано основи принципів створення та наповнення технопарку безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Описано бізнес-процес реєстрації БПЛА в технопарку роботів ситуаційного центру. Застосування атрибутів (тегів) до БПЛА підвищить ефективність підбору підходящого пристрою з повним комплектом, що відповідає поставленому завданню. Пропонується організувати регіональні ситуаційні центри, які координуватимуть роботу державних систем, міських систем життєзабезпечення, приватних служб з одного боку та БПЛА з іншого як виконавців. Наведено приклад автоматичного відбору БПЛА для оперативного вирішення поставленого завдання. При цьому система повинна спиратися на проведену під час реєстрації класифікацію БПЛА та на підставі функції відповідності БПЛА конкретному завданню, ключових особливостей БПЛА, необхідного часу на виконання завдання, відстані до місця виконання завдання та політики щодо залучення БПЛА до вирішення таких завдань, здійснювати вибір тих апаратів, які можуть оперативно виконати завдання. Запропоновано функцію класифікації конкретного БПЛА за задачами. Функція враховує комплектацію БПЛА. Так для виконання кожної задачі експертами та автоматикою підбираються вагові коефіцієнти, що вказують на те, наскільки великим є вплив тих або інших типових модулів для виконання конкретної задачі, а для кожного БПЛА в базі зберігається інформація про те, чи враховано в БПЛА певна характеристика, чи є відповідний модуль. Для оновлення підходу до професійного навчання сьогодні задача створення інтерактивних макетних систем навчання у реальному фізичному просторі є однією з основних. Описано склад базового лабораторного стенда, його комплектацію і систему управління мобільним модульним роботом, що сприяє опануванню базових функцій БПЛА або мобільного робота неземного базування.

Ключові слова: БПЛА, ситуаційний центр, управління рухом, професійне навчання.

Вступ

Очевидно, що місто майбутнього - це розумне місто, місто, яке в реальному часі управляє більшістю процесів, що відбуваються в його надрах в автоматичному режимі і робить це оптимально, місто, в якому безпека піднята на зовсім новий рівень, а доступ до інформації, благ цивілізації, міських служб, будь-яких необхідних людині речей максимально простий. А як це місто регулюватиме роботу БПЛА, що бурхливо розвиваються в даний момент? Адже очевидно, що зі збільшенням кількості БПЛА, якщо вони почнуть брати на себе рутинні функції працівників, нам знадобиться якась система управління, яка забезпечить безпеку та мінімальну аварійність їх роботи, відрегулює їх рух, прокладе спеціальні повітряні траси, спростить застосування БПЛА, стандартизує їх, гармонійно інтегрує БПЛА у структуру міста, поставить їх на службу загальному благу.

Постановка проблеми

Існуюча проблематика:

- необхідність сертифікації руху БПЛА з метою його регулювання та попередження несанкціонованих дій. У результаті необхідна побудова повітряних трас з формалізацією їх призначення, з урахуванням адаптивного управління динаміки руху;
- можливість автоматичного перемикання віддаленого управління у разі позаштатної ситуації: втрати сигналу від БПЛА на базі, передача власне БПЛА даних про свій передаварійний стан, перехоплення БПЛА, перешкод/зламування протоколу, радіопогодна перешкода;
- автоматизований збір даних у процесі моніторингу для навчання нейромереж та після отримання нових знань з метою подальшого прогнозування, пасивний збір інформації для конкретних цілей;
- вибір каналу зв'язку та протоколу передачі даних між тріадою «інформаційне сховище наземної станції» + «борт БПЛА» + «особа, яка приймає рішення».

Актуальність

Розглянемо докладніше проблематику, з якою ми вже потихеньку стикаємося у застосуванні БПЛА. Не потрібно довгих пояснень того факту, що безпілотний апарат, оснащений гарною камерою і засобами передачі зображення, це і погано, і незаконно, що безпілотний перевізник має на борту важку посилку, напевно не повинен її везти над скупченням людей, бо у разі аварії її наслідки можуть бути дуже серйозними. Отже, БПЛА під час переходу до їх масового застосування потребують обов'язкового регулювання свого руху, сертифікації, точної побудови маршрутів та інформування про них служб розумного міста в реальному часі. У сертифікованих для роботи в місті БПЛА ймовірно має бути мо-

жливість оперативної передачі управління відповідному спеціалісту або автоматизованій міській системі для вирішення різноманітних позаштатних ситуацій та допомоги міським службам. БПЛА, що постійно рухаються туди-сюди, ймовірно, повинні паралельно виконувати якісь корисні для міста дії, безпосередньо служити загальному благу, наприклад, пасивно або активно збирати дані для моніторингу, шукати людей, щось незвичайне, що потребує втручання, знаходити те, що може бути складно знайти за допомогою звичайних стаціонарних камер, забезпечувати зв'язок. Та й по суті дивно було б не використовувати можливості літаючих камер, що знімають місто з нових ракурсів. Використання каналів зв'язку для управління БПЛА, різних протоколів, спеціального програмного забезпечення має бути чітко відрегульовано, складові розумного міста повинні працювати як злагоджений механізм і не заважати одне-одному.

Щоб забезпечити рішення описаних вимог, авторами дослідження пропонується створення мережі регіональних ситуаційних центрів (РСЦ), а, по суті, наземних станцій, що покривають певну територію, що здійснюють на ній всебічне управління рухом БПЛА. Ці станції повинні підпорядковуватись центральному ситуаційному центру (ЦСЦ), у якому буде центр прийняття рішень і буде облаштовано головне сховище інформації.

Принципи організації регіонального ситуаційного центру

На рис. 1 наведено багаторівневу схему архітектури побудови такої системи. Є центральний ситуаційний центр, у якому розгорнуто дата-центр з усім необхідним функціоналом для обробки інформації у реальному часі та її збереження (SQL- сервери, файлові сервери, сервери зберігання даних, сервер синхронізації часу тощо).

До центрального ситуаційного центру з регіональних ситуаційних центрів надходить уся інформація про переміщення БПЛА містом, у нього через Інтернет надходять усі запити на виконання БПЛА тих чи інших дій, тут відбувається обробка цієї інформації та прийняття рішень, тут також розгорнуто всі необхідні для зв'язку сервіси.

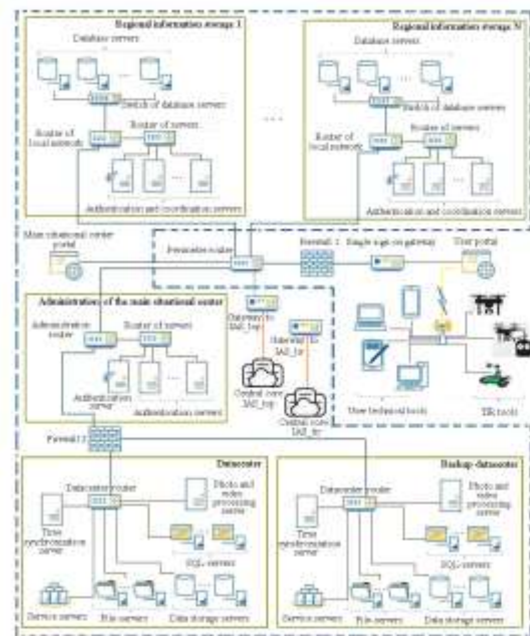


Рис. 1. Структура інформаційного сховища інтелектуальної системи «Управління_ТЕП».

Регіональні ситуаційні центри, що знаходяться у захищеному периметрі, при цьому безпосередньо ведуть радіообмін з БПЛА у зоні їх дії, здійснюють управління на своїй ділянці за загальним задумом, продиктованим ЦСЦ, проводять усі необхідні для цього обчислення, зберігають у собі тимчасову інформацію та мають функціонал для повністю автономного управління рухом та виконання запитів у разі припинення зв'язку з ЦСЦ. Таким чином, БПЛА, пролітаючи територією міста, завжди знаходиться у зоні покриття одного або декількох керуючих його рухом РСЦ, та завдяки роботі ЦСЦ може керуватися за єдиним задумом. На рис. 2 наведено схему взаємодії між собою частин описаної системи (власне система, БПЛА, різні інтересанти). Так держава, служби розумного міста, приватні особи та бізнес звертаються до РСЦ, безпосередньо до ЦСЦ з якимись необхідними їм запитами та завданнями, а РСЦ дає відповіді, координує, контролює, управляє та підбирає конкретного виконавця, в разі необхідності.

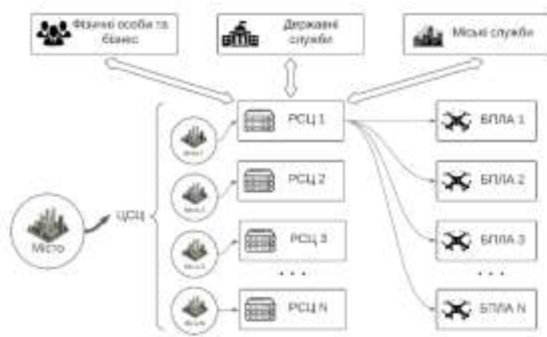


Рис. 2. Схема взаємодії системи РСЦ

Потрібно відзняти якусь точку на карті, дізнатися про поточний стан будівлі, мосту, пошукати щось? Немає проблем. БПЛА, що пролітають повз, зроблять цю роботу, не відволікаючись особливо від своїх маршрутів. Потрібна екстрена допомога міській службі? РСЦ візьме управління над БПЛА, що знаходяться поруч, і допоможе, причому по мірі зменшення заряду він буде відпускати використовувані БПЛА і брати контроль над новими, що мають заряд. Є якась проблема з БПЛА? Автоматика РСЦ та відповідні спеціалісти бачать її в реальному часі і одразу включаються до роботи по усуненню проблеми. Потрібно виконати якесь цивільне завдання? ЦСЦ вказує, які саме БПЛА приватних осіб, що перебувають у даний момент у готовності, можуть її виконати. Та й просто пасивний обмін інформацією з БПЛА у реальному часі вже сам по собі вирішує масу проблем, забезпечує законність у використанні БПЛА. На рис. 3 якраз наведено приклад автоматичного відбору БПЛА для оперативного вирішення поставленого завдання.

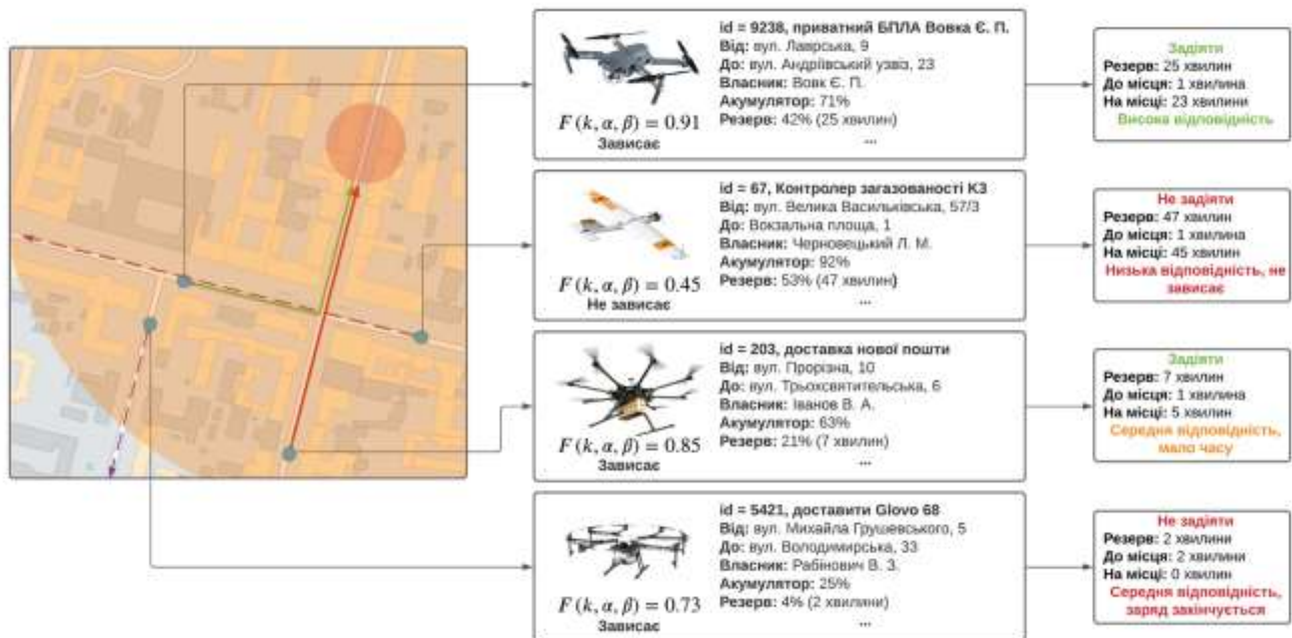


Рис. 3. Приклад можливого застосування

При цьому система повинна спиратися на проведену під час реєстрації класифікацію БПЛА та на підставі функції відповідності БПЛА конкретному завданню, ключових особливостей БПЛА, необхідного часу на виконання завдання, відстані до місця виконання завдання та політики щодо залучення БПЛА до вирішення таких завдань здійснювати вибір тих апаратів, які можуть оперативно виконати завдання. Далі повинно йти перехоплення контролю або передача інструкцій по виконанню нового завдання та подальшого повернення до попереднього, якщо воно було.

Автоматизована процедура підбору конкретного БПЛА для виконання певного замовлення, певного завдання

У роботі запропоновано функцію класифікації (1) конкретного БПЛА за всіма задачами певної предметної галузі, що є в базі, позначеними як *k*. Запропоновано наступну функцію вибору:

$$F(k, \alpha, \beta) = \sum_{i}^{N} \sum_{j}^{M_j} \alpha_i^k \cdot \beta_{ji}^k \cdot T_{ji} \xrightarrow[var]{} \max \qquad (1)$$

Функція враховує комплектацію БПЛА. Так для виконання кожної задачі експертами та автоматикою підбираються вагові коефіцієнти, що вказують на те, наскільки великим є вплив тих або інших типових модулів для виконання конкретної задачі (α та β), а для кожного БПЛА в базі зберігається інформація про те, чи враховано в БПЛА певна характеристика, чи є відповідний модуль. Опис параметрів функції вибору наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Параметри функції вибору

Параметр	Опис
a_i^k	ваговий коефіцієнт функціонального призначення i-го типу комплектуючих БПЛА для k-го завдання
β_{ji}^k	ваговий коефіцієнт функціонального призначення j-го екземпляра i-го типу комплектуючих БПЛА при j=1,...,M_j, M_j – кількість j-х екземплярів i-го типу в оснащенні
T_{ji}	(0 або 1) – ознака наявності i-го екземпляра j-го типу комплектуючих БПЛА
$\aleph$	множина конкуруючих зразків екземпляру i-го типу комплектуючих для k-го завдання

При цьому для первинної експертної оцінки БПЛА здійснюється експертиза комплектації із внесенням нових модулів у базу, у разі необхідності. Використовуючи такий підхід, здатність певних БПЛА виконати поточну унікальну задачу, можна обрахувати динамічно, при умові врахування у вигляді тегів критично важливих характеристик, таких як, наприклад, здатність або нездатність БПЛА зависати у повітрі. На рис. 4 показано процес реєстрації БПЛА в ЦСЦ шляхом, близьким до тегування.

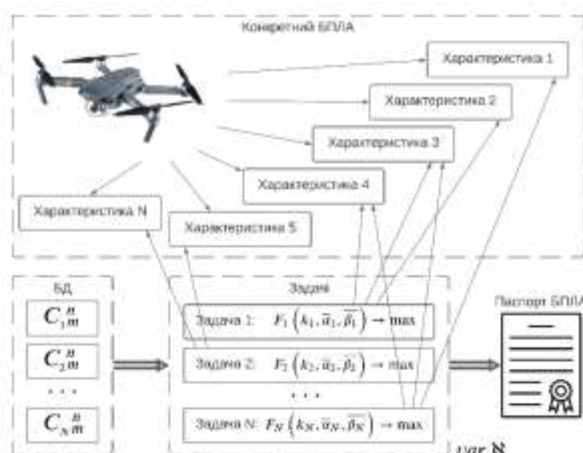


Рис. 4. Класифікація БПЛА

Експертами ЦСЦ аналізуються характеристики БПЛА та на їх підставі визначаються коефіцієнти α та β під конкретне завдання, вираховується функція вибору та її результат записується у базу, а також у паспорт БПЛА, що видається користувачеві.

Необхідною умовою для експлуатації купленого нового БПЛА в області контрольованої РСЦ має бути його класифікація, реєстрація та можливе встановлення програмного забезпечення (ПЗ) або спеціальних програмних модулів, що забезпечують інтеграцію БПЛА до РСЦ. При цьому власник БПЛА отримує на нього паспорт, можливо вказує свої побажання щодо використання своєї власності у структурі розумного міста, а усі необхідні дані про них заносяться до бази. На рис. 5 показано бізнес-процес реєстрації БПЛА у технопарку РСЦ.

За підсумком, власник БПЛА отримає:

- паспорт пристрою;
- підтримку держави;
- карти польотів у реальному часі та все необхідне ПЗ для відстеження роботи свого БПЛА;
- загальні правила руху БПЛА з урахуванням виконання закону та вимог розумного міста, держави в цілому;
- правила участі у процесах, що відбуваються у межах розумного міста.

Лабораторний стенд

Для опанування нових інформаційних технологій та елементів робототехнічних систем у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка та у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» на ряді кафедр запроваджено серію дисциплін з сучасної інтелектуальної робототехніки. А саме, розробки програмного забезпечення та програмно-апаратних комплексів з використанням макетів наземного, повітряного та підводного базування.

На сьогодні задача створення інтерактивних макетних систем навчання саме у реальному фізичному просторої є однією з основних в оновленні підходу до профе-

сійного навчання.

У статті описано склад базового лабораторного стенду Arduino, його комплектацію й систему управління мобільним модульним автономним роботом, що сприяє опануванню базових функцій.

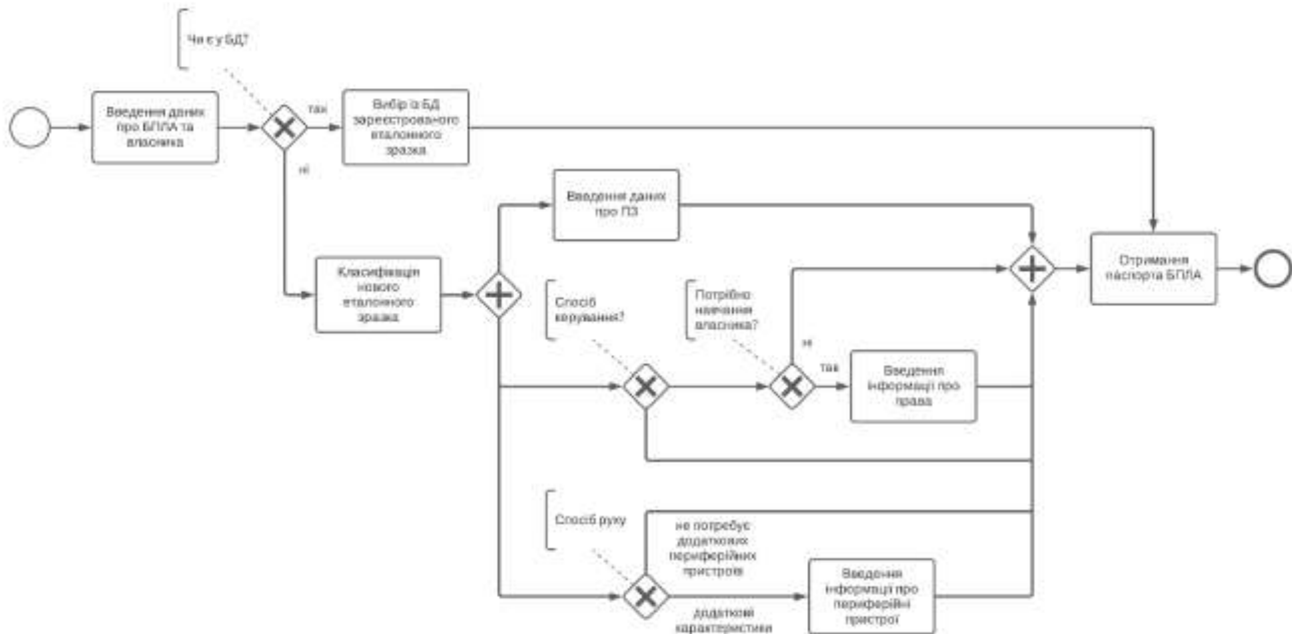


Рис. 5. Бізнес-процес реєстрації

Предметна область питання, що розглядається, є надзвичайно актуальною, зважаючи на глобальні тренди сьогодення. Нині в усьому світі набирають оберти проєкти, покликані полегшити життя людства за рахунок використання нової робочої сили – робототехнічних систем [4]. На сьогодні, не дивлячись на популяризацію технологій, дуже важко знайти в професійній літературі чи Інтернеті вичерпний матеріал, який би максимально повно описував як проблематику, так і процес створення та програмування лабораторного стенда з мобільним автономним роботом на базі Arduino для опанування базовими функціями навігації та управління. Тому в роботі описано підхід до створення лабораторного пристрою та модульне рішення мобільного робота на базі Arduino, яке можна було б з легкістю перекваліфікувати на будь-яке спеціалізоване завдання. Отже, створено базову платформу, яка покриває універсальний мінімум функцій, та на яку можна додавати нові компоненти, надаючи роботу конкретну спеціалізацію.

Розроблено методику створення автономного робота, за допомогою якої будь-який користувач, включаючи того, що не має глибоких знань з фізики, інформатики чи робототехніки, зміг би зібрати подібного робота самостійно.

У освіті більшого розповсюдження набули системи з елементами інтерактивності [5]. Інтерактивність передбачає як можливість нелінійного вивчення матеріалу (за власним сценарієм учня дистанційно), так і використання стандартних сценаріїв, які закладено до методики розробниками та пов’язано з використанням реальних макетних пристроїв у фізичному просторі та створенням їх саме власноруч для придбання навичок та необхідної моторики рук.

Саме інтерактивність є основною задачею для розробників подібних комплексів [6], оскільки заздалегідь підготувати і передбачити усі потрібні ракурси, напрямки рухів, ландшафти й пейзажі розглянутих ситуацій використання мобільних пристроїв у реальних ситуаціях після навчання практично неможливо.

Особливістю створюваного у рамках розробки лабораторного стенда автономного робота на базі Arduino є його модульність. Це означає, що зібрана користувачем конфігурація не є фінальною та може бути легко змінена у майбутньому шляхом заміни чи додавання будь-яких сумісних з

Arduino модулів з відповідним перепрограмуванням.

Розглянемо призначення, специфіку та компоненти мобільного лабораторного робота для професійного навчання.

Для представлення обстежуваного мобільним роботом середовища з використанням 3D-об'єктів у системах професійного навчання, необхідно визначитись з призначенням та складом носія-розвідника.

Призначення лабораторного стенда

Сценаріїв використання такого робота може бути безліч, наприклад:

- розвідування місцевості на предмет вмісту в повітрі шкідливих речовин;
- використання в якості робота-прибиральника;
- обстеження небезпечних ділянок шахт чи кар'єрів;
- проєктування карти локації;
- застосування у якості основи систем автопілота для транспорту;
- моніторинг територій.

Специфіка лабораторного стенда

Розроблюване рішення має відповідати ряду критеріїв:

1) надійність – система має працювати безвідмовно при відповідності критеріям експлуатації;
2) автономність – робот має працювати повністю самостійно без втручання людини;
3) робот має забезпечувати тривалий час роботу від акумулятора;
4) система має приймати ефективні рішення, базуючись на аналізі навколишнього середовища;
5) модульність – система має складатися із незалежних компонентів (модулів), які, за потребою, можуть бути замінені іншими з метою зміни області та середовища використання робота.

Компоненти мобільного робота

У табл. 2 наведено перелік та характеристики компонентів, що були використані при створенні лабораторного стенда.

Користувач може використовувати цей модуль, щоб управляти двигунами постійного струму або чотирьохпровідними двофазними кроковими двигунами.

Таблиця 2. Список компонентів

Мітка	Тип	Властивості
M1	Серводвигун	
M2	Серводвигун	
M3	Серводвигун	
M4	Серводвигун	
S1	Драйвер двигуна	Switching circuit SPST; варіант variant 1; default state Normally Open (H-Bridge with L298N)
VCC1	Батарея типу «Крона» (9V)	Напруга 9V
VCC2	4 x AAA батареї	Напруга 4.8V
AU	Arduino Uno (Rev3)	
RF	Ультразвуковий далекомір	
RF	Ультразвуковий далекомір	

Плата також може бути використана у якості платформи драйвера постійного струму. Вимикач S1 служить для перемикання живлення логічної частини мікросхеми. Тобто при ввімкненому S1 живлення логічної частини береться від внутрішнього перетворювача модуля. При вимкненому S1 живлення береться від зовнішнього джерела.

Характеристики:

- мікросхема драйвера L298N;
- живлення для моторів Vs: +5 В ~ +35 В, струм до 2А;
- живлення логіки Vss: 5В ~ 7В, сила струму 0 ~ 36 мА;
- рівні сигналів:
  логічний нуль -0.3 ≤ Vin ≤ 1.5В;
  логічна одиниця - 2.3В ≤ Vin ≤ Vss;
- максимальне споживання енергії 20 Вт (при температурі 75 ^{0}C);
- температура зберігання:
  -25^{0}C ~ +130 ^{0}C;
- розміри: 5.4 см x 4.3 см x 2.7 см.

Arduino Uno – мікроконтролер на основі ATmega328P [7]. Він має 14 цифрових пін-входів/виходів (6 з яких може бути

використано як виходи PWN), 6 аналогових входів, кварцовий кристал 16 МГц, USB-порт, роз'єм живлення та кнопка скидання. Він містить все необхідне для підтримки мікроконтролера. Слід підключити його до комп'ютера за допомогою кабеля USB або увімкнути його з адаптером живлення.

Далекомір HC-SRO4 генерує звукові імпульси на частоті 40 кГц і слухає відлуння. За часом поширення звукової хвилі в прямий та зворотній бік можна однозначно визначити відстань до об'єкта.

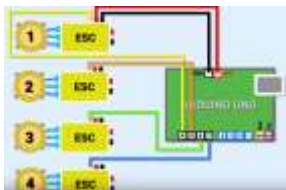
Характеристики:

- напруга живлення: 5 В;
- споживання у режимі тиші: 2 мА;
- споживання при роботі: 15 мА;
- діапазон відстаней: 2 - 400 см;
- ефективний кут спостереження: 15°;
- робочий кут спостереження: 30°.

Схема збірки та алгоритми функціонування

До контрольної плати під'єднано два далекоміри, у кожного по два піна для вводу та виводу даних. Також з моторної плати «L298N H-Bridge», з пінів «enA», «in1», «in2», «in3», «in4», «enB» у піни контрольної плати «Arduino Uno»: «D5», «D6», «D7», «D8», «D9», «D10» - для передачі сигналу до двигунів.

Моторну плату живить набір з чотирьох батарейок типу «AAA» з напругою в 1.5V, а контрольну та макетну плати – батарея «Крона» у 9V. Монтажну схему показано на рис. 6. На рис. 7 – блок-схема алгоритму функції.



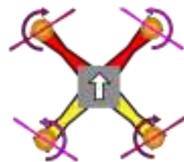


Рис. 6. Монтажна схема макету

Створення апаратно-програмного комплексу лабораторного стенда

Лабораторний стенд має відповідати ряду критеріїв:

- надійність – система має працювати безвідмовно при відповідності критеріям експлуатації;
- автономність – робот має працювати повністю самостійно без втручання людини;
- робот має забезпечувати тривалий час роботу від акумулятора;
- система має приймати ефективні рішення, базуючись на аналізі навколишнього середовища;
- модульність – система повинна складатися із незалежних компонентів (модулів), які, за потребою, можуть бути замінені іншими з метою зміни області використання робота.

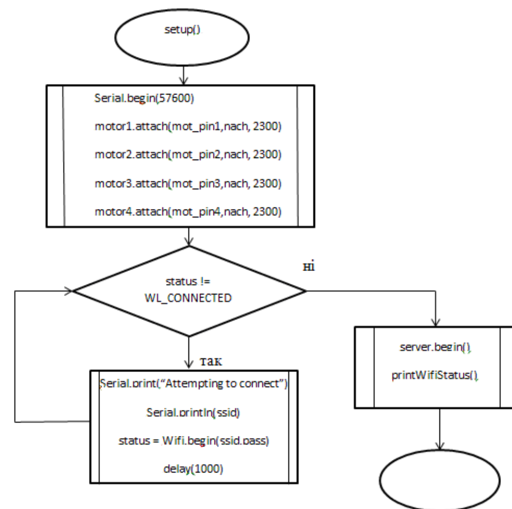


Рис. 7. Блок-схема алгоритму функції

Лабораторний стенд представляє собою конструкцію з 4-ма двигунами, гвинтами, оснащену платами з мікропроцесорами, далекомірами та відеокамерою. На даний час ця конструкція вміє літати, бачити перешкоди, а також передавати відео з відеокамери на комп'ютер для його подальшого використання. Конструкція не є фінальною, навпаки, це тільки початковий стан для задач навчання та розвитку творчої фантазії особистості. У подальшому, в залежності від потреб користувачів, на цю платформу можуть бути встановлені різноманітні датчики та інші пристрої, створено спеціальні програми для аналізу отриманих із датчиків даних та для керування діями робота в залежності від результатів цих аналізів. Тобто, подальший розвиток полягає в тому, щоб зробити з механічної «іграшки» повноцінний, наскільки це можливо, БПЛА, наділений інтелектуальними функціями, який буде активно використовуватись студентами під час

проходження курсів дисциплін, присвячених вивченню принципів штучного інтелекту та робототехніки.

Апаратне забезпечення

На даний час випускається чимала кількість плат з мікроконтролерами (платформ) для створення на їх основі різних пристроїв, у тому числі й роботів. Плати розрізняються розмірами, типами мікроконтролерів, їх тактовою частотою, продуктивністю, наявністю можливості підключення різних пристроїв, об'ємом пам'яті, середовищем програмування, напругою живлення, вартістю, простотою використання, мовою програмування тощо. Вибір доволі великий. Розглянемо кілька популярних моделей, які могли б бути використані у лабораторному комплексі.

Платформа Arduino була обрана як найбільш універсальна по параметрам серед схожих комп’ютерів, таких як Pine A64 та Iskra JS. Серед декількох моделей Arduino, що відрізняються характеристиками та сферами застосування, було обрано Arduino Uno (rev.3). Основні характеристики популярних моделей Arduino представлено у табл. 3.

Arduino Uno (рис. 8) – мікроконтролер на основі процесора ATmega328P. Він має 14 цифрових пін-входів/виходів (6 з яких можуть бути використані як виходи PWM), 6 аналогових входів, кварцовий кристал 16 МГц, USB-порт, роз'єм живлення та кнопку скидання (reset). Він містить все необхідне для підтримки мікроконтролера; потрібно підключити його до комп'ютера за допомогою кабеля USB або увімкнути його з адаптером живлення.

Другим компонентом, майбутнім «мозком» робота обрано одноплатний комп’ютер Raspberry Pi 3B (надалі RPi). RPi є повнофункціональним комп’ютером (рис. 9). Він працює на 4-ох ядерному процесорі ARM Cortex-A53 x64 з тактовою частотою 1,2 ГГц, що в середньому в 40 разів більша за Arduino, а об’єм оперативної пам’яті варіюється від 256 МБ до 1 ГБ проти 32 КБ на моделі Arduino, що використовується у даному стенді, і навіть 256 КБ в Arduino Mega.

RPi працює в основному на UNIX-подібних операційних системах, які підтримують багатозадачність. До USB-портів можна підключати різноманітні пристрої, наприклад модуль, швидкість передачі даних якого вища, ніж вбудованого в плату модуля Wi-Fi.

У той час як RPi перевершує Arduino у програмному забезпеченні, для чисто апаратних проєктів набагато краще підходить Arduino за рахунок своєї простоти. Вона здатна краще за RPi у реальному часі обраховувати аналогові сигнали. Остання для зчитування аналогових датчиків потребує додаткових програмних засобів.

RPi дозволяє використовувати переваги багатозадачності, декілька програм можуть працювати у фоновому режимі одночасно.

Таким чином, у той час, як RPi має колосальну перевагу в можливостях програмного забезпечення, Arduino має перевагу в простоті реалізації апаратних проєктів. Доцільність використання кожної з плат залежить від проєкту.

У даному випадку вони працюють разом на лабораторному стенді – автономному мобільному роботі. Arduino керує моторною платою, яка керує двигунами та приймає сигнали з далекоміра, а також виконує задану програму.

У свою чергу Rpi призначений для виконання складних обчислювальних операцій, його задача у майбутньому – реалізувати інтелектуальні функції робота (візуалізація даних, переданих далекомірами; передача зображення з бортової камери робота, аналіз цих даних (наприклад, розпізнавання тощо).

Таблиця 3. Порівняльна характеристика деяких найпоширеніших варіантів Arduino для конструювання

Найменування моделі	Arduino Uno (rev 3)	Arduino Mega 2560	Arduino Pro
Опис	Найбільше підходить для невеликих проєктів	Найкраще використовується у великих і досить складних проєктах	Легко використовується у вбудованих системах
Тактова частота	16 МГц	16 МГц	8 / 16 МГц
Оперативна пам'ять	2 КБ	8 КБ	2 КБ
Постійна пам’ять	32 КБ	256 КБ	32 КБ
EEP ROM	1 КБ	4 КБ	1 КБ
Кількість пінів для підключення пристроїв	14 цифрових (6 з можливістю PWM, 6 analog)	54 (15 з можливістю PWM)	0 (можливість паяти по мірі потреби
Переваги:	• легко використовується та споживає мало ресурсів; • доступна; • дешева; • велика кількість навчального коду і проєктів у мережі Інтернет; • майже всі навчальні посібники написані саме для цієї моделі; • для моделі існує багато додаткових пристроїв: екрани, кнопки, дисплеї, відеокамери, датчики додаткові контактні плати тощо.	• дуже велика кількість пінів; • дуже великий об'єм постійної пам'яті для програм; • може керувати великими проєктами без потреби в додаткових контактних платах; • багато навчального коду в мережі.	• легко використовується у вбудованих проєктах; • гнучкість у дизайні проєкту; • можливість використання на постійній основі без ризику висмикування дротів з місця їх підключення.
Недоліки:	• можлива нестача пінів без використання додаткових контактних плат та інтегральних схем; • обмеженість пам'яті у великих проєктах.	• більшість навчального коду потребує невеликих модифікацій з-за нестандартного розташування пінів; • за розмірами у два рази більше Uno; • не так багато додатків; • менша доступність за Uno.	• потреба паяти – в тому числі інтерфейс для живлення (наприклад, USB); • підходить для установок, які не будуть вимагати змін.

Розглянемо деякі потрібні компоненти для створення робота.

Драйвер двигуна Motor Driver L298N можна використовувати, щоб керувати двома двигунами постійного струму або чотирьохпровідним двофазним кроковим двигуном.

Плата також може бути використана у якості платформи драйвера постійного струму. Вимикач S1 служить для перемикання живлення логічної частини мікросхеми.

Тобто при ввімкненому S1 живлення логічної частини береться від внутрішнього перетворювача модуля.

При вимкненому S1 живлення береться від зовнішнього джерела.

Характеристики драйвера двигуна:
- мікросхема драйвера: L298N;
- живлення для моторів Vs: +5 В ~ +35 В, струм до 2А;



Рис. 8. Плата Arduino



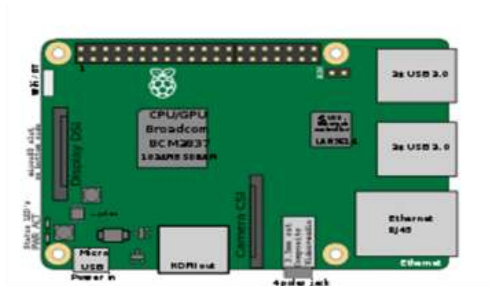




Рис. 9. Rasbperry Pi: плата в корпусі, розташування роз’ємів та мікросхем у ньому, Wi-Fi-модуль

- живлення логіки Vss:
  5В ~ 7В, сила струму 0 ~ 36 мА;
- рівні сигналів:
  логічний нуль -0.3 ≤ Vin ≤ 1.5В;
  логічна одиниця - 2.3В ≤ Vin ≤ Vss;
- максимальне споживання енергії 20 Вт (при температурі 75 ^{0}C);
- температура зберігання:
  -25^{0}C ~ +130 ^{0}C;
- розміри: 5.4 см x 4.3 см x 2.7 см.

Далекомір HC-SRO4 генерує звукові імпульси на частоті 40 кГц і слухає відлуння. За часом поширення звукової хвилі вперед і у зворотному напрямку можна однозначно визначити відстань до об'єкта. Характеристики:

- напруга живлення: 5 В;
- споживання в режимі тиші: 2 мА;
- споживання при роботі: 15 мА;
- діапазон відстаней: 2-400 см;
- ефективний кут спостереження: 15 °;
- робочий кут спостереження: 30 °.

Схема зборки макета робота зображена на рис. 6. До плати Arduino під’єднано 2 далекоміра, кожний з яких має по 2 піна для вводу та виводу даних, пін живлення і «земля». Для передачі сигнала до сервоприводів піни плати Arduino «D5», «D6», «D7», «D8», «D9», «D10» з’єднані з пінами драйвера двигуна «enA», «in1», «in2», «in3», «in4», «enB».

Моторну плату (драйвер двигуна) живить набір з чотирьох батарейок типу

«AAA» з напругою в 1,5V або три акумулятори, а плату Arduino і макетну плату живить батарея типу «Крона» 9V.

Для завдань професійного навчання було створено апаратно-програмний комплекс (лабораторний стенд) для налагодження інтелектуальних функцій автономного мобільного робота типу БПЛА. Доробок може бути використано і для лабораторних робіт, присвячених створенню наземного робота.

Таким чином, створено робота, який літає, фіксує перешкоди на своєму шляху, транслює через бездротове з'єднання зображення, отримане із встановленої на нього камери.

Призначення створеного робота - бути зразком для вивчення, розробки і удосконалення методів комп'ютерного зору, машинного навчання, а також апаратного забезпечення для конструювання інших роботів.

Створений лабораторний стенд у рамках лабораторних занять можна покращити наступним чином:

- треба покращити сам макет, щоб усі компоненти оптимально розміщувались на монтажній платі, мали своє місце, були надійно закріплені, особливо це стосується електричних з'єднань, щоб при будь-яких механічних навантаженнях (політ, удари, падіння тощо) робот продовжував функціонувати у штатному режимі;
- треба покращити якість бездротової передачі відеозображення з камери БПЛА.

На базі створеного комплексу можна розробляти:

- системи, що дають загальну картину навколишнього середовища з подальшим виділенням її окремих об'єктів, які є значущими для виконання роботом його функцій;
- системи, що визначають координати місця розташування робота і параметри його руху, включаючи координати щодо об'єктів зовнішнього середовища.

Які наступні кроки? Це залежить від поставлених цілей. Велика кількість датчиків, розроблених для Arduino та Raspberry Pi, відкритий код, багато напрацювань, вже представлених людству розробниками, дають практично безмежні можливості для подальших кроків.

Для уявлення усього організаційного процесу (наприклад розвідки та нейтралізації техно-екологічної події) при розробці алгоритмів функціонування макетів лабораторного стенду корисно вивчати процес дослідження роботом заданої локації за допомогою UML-діаграм послідовностей. Об'єктами такої діаграми послідовностей можуть бути, наприклад, штат робітників, що нейтралізують техно-екологічну подію, приймально-передавальна апаратура бази збору отриманих мобільним носієм даних (наприклад БПЛА), інформаційно-аналітична система, контрольна плата мобільного носія, два далекоміри та моторна плата.

Висновки

У статті запропоновано основи принципів створення та наповнення технопарку БПЛА. Описано бізнес-процес реєстрації БПЛА у технопарку роботів регіонального ситуаційного центру з метою відслідковування їх переміщення. Розроблено класифікацію БПЛА для подальшого тегування в системі, що підвищить ефективність пошуку необхідного пристрою для поставленого завдання, яке генерується зовнішньою системою. Запропонована методика дозволяє аналізувати характеристики БПЛА та обирати БПЛА для вирішення задач з урахуванням потреб замовника та умов функціонування БПЛА.

Таким чином, у даному дослідженні:

- отримала подальший розвиток концепція інтелектуальної системи «Управління_ТЕП» у галузі застосування БПЛА для моніторингу техно-екологічних подій;
- у рамках проведеної роботи запропоновано методику організації регіональних ситуаційних центрів системи управління техно-екологічними подіями з використанням БПЛА;
- розроблено та формалізовано автоматизовану процедуру отримання базового набору складових БПЛА для конкретного замовлення та си-

туації (техно-екологічної події);

- на базі нейромережевого підходу проведено апробацію процедури інтелектуалізації обробки даних для оптимальної комплектації БПЛА під конкретне завдання у Західночеському університеті у м.Пльзні, Київському національному університеті імені Тараса Шевченка та у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Розроблено основні вимоги до простору лабораторного стенду. Створенню подібних навчальних комплексів передує розробка моделей і методів вирішення завдань 4D-обстеження локації мобільним роботом і синтезу інформації, які у максимально можливій мірі наближають навчальні комплекси до реальних установок, забезпечують об’єднання різнорідної аудіовізуальної інформації, дозволяють користувачам систем придбати правильні й стійкі навички.

References

1. Pisarenko, Yu.V. (2006) Virtual design of intellectualized robots for reconnaissance and neutralization of dangerous environmental incidents [Text]: abstract of thesis ... cand. tech. Sciences: 05.13.06. NAS of Ukraine, Institute of Cybernetics. V.M. Glushkova. Kiev.
2. Pisarenko, V.G., Pisarenko, J.V., Ostapenko, V.O., Chumakov, V.G., Koval, O.S. (2019) On the “CONTROL_TEP” 3D learning. Computer mathematics. 1. 49-55. [Online].Available: http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/161932/06-Pisarenko.pdf?sequence=1.
3. [Online]. Available: https://arduino.ua/.
4. [Online]. Available: http: //amperka.ru/.
5. [Online]. Available: https: //arduinomaster.ru/.
6. [Online]. Available: https://www.arduino.cc/.
7. Momot, M.V. (2017) Mobile robots based on Arduino. - SPb.: BHV-Petersburg. 288 p. [Online].Available: https://cdn1.ozone.ru/multimedia/1015649921.pdf.
8. Petin V.A. (2016) Arduino and Raspberry Pi in Internet of Things projects. SPb.: BHV-Petersburg. 320 p. [Online].Available: https://balkabook.com/files/2017/09_25/12_38/u_files_store_3_424530.pdf.
9. Petin, V.A., Binyakovsky, A.A. (2017) Practical Encyclopedia of Arduino. M.: DMK Press. 152 p. [Online].Available: https://radiohata.ru/arduino/1195-encyclopedia-arduino.html.
10. Stankevich, L.A., Yurevich, E.I. (2012) Artificial intelligence and artificial intelligence in robotics: textbook. allowance. SPb.: Publishing house of Polytechnic. University. 167 p. [Online].Available: https://rtc.ru/media/stankevich_yurevich_iskusstvenny_intellekt_i_iskusstvenny_razum_v_rob-m.pdf.

Література

1. Писаренко Ю.В. (2006) Виртуальное проектирование интеллектуализированных роботов для разведки и нейтрализации опасных экологических происшествий. Автореферат дис. канд. техн. наук: 05.13.06. НАН Украины, Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова. Киев.
2. Писаренко В.Г., Писаренко Ю.В., Остапенко В.О., Чумаков В.Г., Коваль О.С. (2019) Про засоби 3D-навчання «УПРАВЛІННЯ_ТЕП». Компьютерная математика. 1. 49-55. [Online].Available: http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/161932/06-Pisarenko.pdf?sequence=1.
3. [Online]. Available: https://arduino.ua/.
4. [Online]. Available: http://amperka.ru/.
5. [Online]. Available: https://arduinomaster.ru/.
6. [Online]. Available: https://www.arduino.cc/.
7. Молот, М. В. (2017) Мобильные роботы на базе Arduino. СПб.: БХВ-Петербург. 288 с. [Online].Available https://cdn1.ozone.ru/multimedia/1015649921.pdf.
8. Петин, В.А. (2016) Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. СПб.:БХВ-Петербург, 2016. 320 с. [Online].Available: https://balkabook.com/files/2017/09_25/12_38/u_files_store_3_424530.pdf.
9. Петин, В.А., Биняковский, А.А. (2017) Практическая энциклопедия Arduino. М.: ДМК Пресс. 152 с. [Online].Available: https://radiohata.ru/arduino/1195-encyclopedia-arduino.html.
10. Станкевич, Л.А., Юревич, Е.И. (2012) Искусственный интеллект и искусственный разум в робототехнике: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 167 с. [Online].Available: https://rtc.ru/media/stankevich_yurevich_iskusstvenny_intellekt_i_iskusstvenny_razum_v_rob-m.pdf.

Стаття надійшла до редакції 29.03.22
Після обробки 06.05.22